

リンゴにおける食塩の挙動

岩倉 里恵^{1,2} 多山 賢二³ 岡本 洋子^{*,3}

(平成30年2月27日受理)

Behaviour of salt in apples

Rie IWAKURA^{1,2}, Kenji TAYAMA³ and Yoko OKAMOTO^{*,3}

Summary

We checked the relationship between the temperature of sodium ion concentration in the apple when we immersed an apple in 85 degrees Celsius sodium chloride solution. In addition, we clarified the difference of diffusion of sodium ion between a “raw apple” and a “steamed apple”. We looked into the relationship between heating time and sodium ion density when we boiled apples using a sodium chloride solution. The materials used were apples from Aomori, Japan and sodium chloride. We measured sodium ion density using two experiments: 1) After dipping the apples in the sodium chloride solution, 2) After boiling the apples in the sodium chloride solution. Regarding the diffusion of the sodium ion into the apple at a temperature of 85 degrees Celsius, the relationship between the depth of the apple and the density drew an approximate curve of the involution. In the deeper part of the apple, a steamed apple had a higher sodium ion content than a raw apple. In the case of an apple boiled in sodium chloride, with the progress of heating time, we found that sodium ion penetrated more. In this study, we obtained basic data about the behaviour of salt in apples.

Key words : sodium ion, diffusion, raw apple, steamed apple

要 旨 : 本研究では、リンゴにおける食塩の挙動について基礎データを得ることを目的とした。85℃塩化ナトリウム溶液に浸漬したときの「リンゴの深さとナトリウムイオン濃度」の関係を調べた。また、「生リンゴ」と「蒸リンゴ」のナトリウムイオンの拡散状況の違いを明らかにした。リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係について調べた。材料は青森県産リンゴと塩化ナトリウムを用いた。リンゴを塩化ナトリウム溶液中へ浸漬後および塩化ナトリウム溶液中で加熱後、ナトリウムイオン濃度を測定した。液温 85℃におけるリンゴ中へのナトリウムイオンの拡散について、深さと濃度の関係は、累乗の近似曲線を描いた。深いところでは、蒸リンゴが、生リンゴに比べ、ナトリウムイオン濃度が高くなる傾向がみられた。リンゴを塩化ナトリウムで煮た場合、加熱時間の進行とともに、ナトリウムイオンが浸透していることがわかった。

キーワード : ナトリウムイオン, 拡散, 生リンゴ, 蒸しリンゴ

* 連絡責任者・別冊請求先 (Corresponding author, E-mail : yokamoto@shudo-u.ac.jp)

広島修道大学 (731-3195 広島県広島市安佐南区大塚東一丁目1番1号)

Hiroshima Shudo University, 1-1-1, Ozukahigashi, Asaminami-ku, Hiroshima 731-3195, Japan

¹富士産業株式会社呉記念病院 ²元鈴峯女子短期大学専攻科 ³広島修道大学健康科学部健康栄養学科

はじめに

果実類の特徴として水分含量が 80～90%のものが多く、ビタミン、ミネラル、食物繊維の供給源となっている¹⁾。「食事摂取基準(2010年版)の活用」によって調べたところでは、成人の果物の摂取目標量は 200 g である^{2) 3)}。平成 24 年国民健康・栄養調査では、果実類摂取量の 1 人 1 日あたりの平均値は、108.5g であり、年齢階級別にみると、20～40 歳代では 60g 前後にとどまっている⁴⁾。

果実類には、発がん性を抑える作用、冠動脈疾患のリスク軽減、抗酸化機能など、健康保持や疾病予防に効果があるといわれている^{5) 6) 7)}。

果実類の機能性や健康への寄与については、上述のようであったので、わたしたちの健康保持や疾病にかからないようにするためには、適量の果実類の摂取が重要である考え、果実類のなかで、入手が容易なリンゴを実験材料として選んだ。さまざまな面から、リンゴに関する実験を行って考察し、リンゴに関心をもち、適量を摂取したいと考え、本実験に着手した。

リンゴは褐変防止のため、食塩水に浸漬するが、

長時間浸漬すると、褐変防止効果はあるものの、塩味が強くなることを日常生活のなかで経験している。また、生のリンゴと煮たリンゴでは、食塩の浸透の状況が異なるのかということも、あわせて興味をもった。

そこで、本実験では、「リンゴと食塩」について、さまざまな角度から実験を行って、次の 2 事項を中心に検討し、「リンゴにおける食塩の挙動」について明らかにして基礎データを得ることを目的とした。85℃塩化ナトリウム溶液に浸漬したときの「リンゴの深さとナトリウムイオン濃度」の関係を調べた。また、「生リンゴ」と「蒸リンゴ」のナトリウムイオンの浸透状況の違いを明らかにした。リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係について調べた。

実験方法

1. 実験材料

実験 1 の材料・試薬・浸漬条件等を、それぞれ表 1、表 2 に示した。実験 2 の材料・測定条件を表 3 に示した。実験 2 の加熱液を表 4 に示した。

表 1. 実験 1 の材料・浸漬条件等

食品		調製	85℃塩化ナトリウム溶液中の浸漬時間(分)
リンゴ サンふじ 青森県【07148】	生リンゴ試料	前処理をしない	30, 60, 90, 120
	蒸リンゴ試料	98℃15分蒸す	30, 60, 90

注) 【 】は食品番号を示している。なお、食品番号は、「五訂増補日本食品標準成分表 平成 17 年 1 月」⁸⁾ によった。

表 2. 実験 1 の試薬

浸漬液	試薬
3.0%塩化ナトリウム溶液(w/v)	塩化ナトリウム 試薬特級 シグマアルドリッチジャパン社

表 3. 実験 2 の材料・測定条件

食品	加熱するときに添加した成分	加熱時間(分)	本報告でのよび方
リンゴ サンふじ 青森県【07148】	塩化ナトリウム 試薬特級 シグマアルドリッチジャパン社	3, 6, 10	塩化ナトリウム煮

注) 本報告の加熱時間とは、点火後の加熱継続時間である。

表 4. 実験の加熱液

	塩化ナトリウム煮の種類	材料重量	加熱液	塩化ナトリウムの加熱液に対する割合
塩化ナトリウム煮	水煮	40g	純水 250ml (250g)	—
	塩化ナトリウム 1%煮	40g	純水 250ml + 塩化ナトリウム 2.5g	塩化ナトリウムは、加熱液の 1% (実際の調理に近い)
	塩化ナトリウム 3%煮	40g	純水 250ml + 塩化ナトリウム 7.5g	塩化ナトリウムは、加熱液の 3% (実際の調理に近い)
	塩化ナトリウム 5%煮	40g	純水 250ml + 塩化ナトリウム 12.5g	塩化ナトリウムは、加熱液の 5%
	塩化ナトリウム 10%煮	40g	純水 250ml + 塩化ナトリウム 25g	塩化ナトリウムは、加熱液の 10%
	塩化ナトリウム 20%煮	40g	純水 250ml + 塩化ナトリウム 50g	塩化ナトリウムは、加熱液の 20%

実験 2 の塩化ナトリウム量は、実際の調理で用いられる量を基準にしたが、塩化ナトリウムを添

加した際の傾向が把握できるように、加熱液の塩化ナトリウム濃度が高い試料もある。

2. 試料調製と方法 (実験 1 : 85°C 塩化ナトリウム溶液中の Na⁺拡散)⁹⁾

(1) 塩化ナトリウム溶液の調製と浸漬装置のセット

① 3.0%塩化ナトリウム溶液 (w/v) 1000ml 調製する。ホットスターラー (CHPS-250AN:アズワン製) の天板上に、3.0%塩化ナトリウム溶液 1000ml を入れたビーカーを準備しておく。マジックで 1000ml の位置にマークを入れる。

② ホットスターラーを最初は 400°C にセットして、溶液温度が 85°C まで上昇したことを確認した後、240°C にセットする。スターラーバーを投入して攪拌する。5 分ごとに溶液温度を確認し、液量の減少がみられた場合には、恒温水槽中で 90°C に維持した純水をビーカーの底部に向かって、バスツールピペットで注入し、濃度上昇を抑えた。「液温 85°C を保持し、3.0%塩化ナトリウム溶液濃度を一定に維持させる方法」をとった。本学実験室で可能な方法を予備実験を行って決定した。

(2) リンゴ試料の調製

① リンゴを内径 35mm × 50mm のステンレス抜き型 (浸漬するときの抜き型より大きいもの) で抜き、蒸し器で蒸す。蒸し器の蒸気温度が 98°C になったことを確認して 15 分間蒸す。温度の確認には、温度テスターを使用する。温度測定用として、上記とは別にリンゴ試料 1 片を準備して、蒸し器に入れる。温度テスターで穴があくので、浸漬実験には使用できない。

② リンゴ試料を蒸し器から取り出し、まな板の上で室温まで冷ます。その後、試料の先端を 2mm 厚さに 1 枚スライスし、アルミホイルで包み、ドライアイス箱に保管する。試料番号をメモする (浸漬していない場合のリンゴ試料のナトリウムイオン濃度を測定する)。

③ 先端をスライスした後の試料を、内径 20mm × 50mm のステンレス抜き型でくり抜く。これを薄い天然ゴム製プロップカバー (指保護サック : L サイズ : 内径 20mm : 以下、薄ゴムと表記する) に、注射器を活用して入れる。これを「蒸リンゴ試料」とする。

④ 「生リンゴ試料」の場合には、内径 20mm × 50mm のステンレス抜き型でくり抜き、その後の手順は「蒸リンゴ試料」と同じである。

(3) ナトリウムイオンのリンゴ試料中への拡散
① 液温 85°C、3.0%塩化ナトリウム溶液中へ薄ゴム被覆した「生リンゴ試料」と「蒸リンゴ試料」を浸漬する。薄ゴムで被覆した試料は、3.0%塩化ナトリウム溶液に浸漬すると、後部の空気層が浮きになって前部が常に液中に沈み、液との接触が保持される。この断面からナトリウムイオンが拡散する。

② 所定時間、浸漬する。本学実験室では、蒸発分の水分を順次、補給した。

(4) 浸漬後の処理とナトリウムイオン濃度測定

① 浸漬後、リンゴ試料を取り出し、薄ゴムをはずし、向きを確認しながら、アルミホイルで包んで

ドライアイス入りの箱で凍結させる(30分以上)。マジックでアルミホイルにナトリウムイオンの侵入方向を記入しておく。

② 浸漬リンゴ試料を取り出したときの、塩化ナトリウム溶液の約1mlを、マイクロチューブ(エッペンドルフチューブ)にとっておく。最終の塩化ナトリウム溶液のナトリウムイオン濃度を測定するためである。本学実験室では、最初3.0%塩化ナトリウム溶液が最終3.06%塩化ナトリウム溶液(外液)となっていた。

③ 凍結リンゴ試料をドライアイス箱から取り出し、全長をノギスで測定する。凍結リンゴ試料を「スライサー器具」にセットし、2mm厚さを10枚スライスする。各断片は重量(小数点以下第3位まで測定)を測定し、目盛り付き遠心管に移して保存する。ナトリウムイオンが最も多く侵入している小片を1とし、2, 3・・・10まで、番号を記入する。ここで、時間的な制約があることが多く、冷凍保存しておき、別の日にナトリウムイオン濃度を測定することが多かった。

④ 遠心管に保存した試料を室温まで解凍する。

⑤ 遠心管試料に、1mlまたは2mlの純水を入れ、スパテルの刃の先端部分で細断する。

希釈を考慮して、純水をさらに加える。

⑥ 往復振とう装置(タイテック株式会社製)に遠心管試料を真横にセットし、60分間振とうさせ、ナトリウムイオンを純水の方へ溶出させる。100往復/分とする。

⑦ 蓋に番号を記入したエッペンドルフチューブに、⑥を1.3ml程度移し、小型遠心分離機(REV SPIN 102: REVSCI社製)にて10,000rpmで1分間遠心分離する。

⑧ エッペンドルフチューブを1本ずつ取り出し、ナトリウムイオンメーター(COMPACT Na+ METER B-722: 堀場製)でナトリウムイオン濃度を測定する。1回する測定には、0.3mlが必要である。本実験では、3回測定した(計1.2ml)。

⑨ それぞれの小片試料について、希釈を考慮して、ナトリウムイオン濃度を算出する。また、それぞれの重量と厚さから「表面からの距離(深さ)」を算出する。

3. 試料調製と方法(実験2: 塩化ナトリウム煮のNa⁺拡散)

(1) 試料調製

① 350g前後のリンゴを縦半分にカットし、さら

に幅2cmにカットする。芯の部分を除き、直径2cmのステンレスボーラーでくり抜き、高さ2cm、直径2cm、重量10gの円柱状にカットする。

② 一回につき4個(総重量40g)を実験に用いた。

(2) 加熱方法

① 加熱に用いた容器は、直径18cm、容量2.2リットルのホーロー鍋である。加熱器具は、IH調理器(家庭用)品番KZ-PH3 松下電器産業(株)である。

② 加熱時の火力については、沸騰まで強火(約1400W)、のち弱火(約260W)とした。加熱時間は、予備実験を行って決定し、IH点火時を0分とした。

③ 加熱は次の順序で行った。鍋に、カットしたリンゴと各種加熱液を入れ、3, 6, 10分間、蓋をして加熱する。

④ 加熱時間の間時点でリンゴを1回ひっくり返す。

⑤ 加熱後は直ちにリンゴを取り出し、常温まで冷却する。

(3) ナトリウムイオン濃度測定(実験2)

① 遠心管の重量を測定しておく。

② 塩化ナトリウム煮リンゴ4個のうち1個を遠心管に入れ、冷凍しておく。

③ 水煮リンゴ4個のうち、1個を遠心管に入れ、冷凍しておく。

④ 生リンゴも1個を遠心管に入れ、冷凍しておく。

⑤ 冷凍しておいたリンゴ試料を室温まで解凍する。

⑥ 遠心管に入っているリンゴ試料に少量の純水を加え、細断する。

⑦ ⑥を実験1と同様の手順で、ナトリウムイオン濃度を測定する。

結 果

1. 85°Cにおけるリンゴ中へのナトリウムイオンの拡散(実験1)

85°C塩化ナトリウム溶液に浸漬したときの、「リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係」を図1~図6に示した。生リンゴ試料30分浸漬、90分浸漬、120分浸漬したものを、それぞれ図1, 図2, 図3に示した。蒸しリンゴ試料30分浸漬、60分浸漬、90分浸漬したものを、それぞれ図4, 図5, 図6に示した。

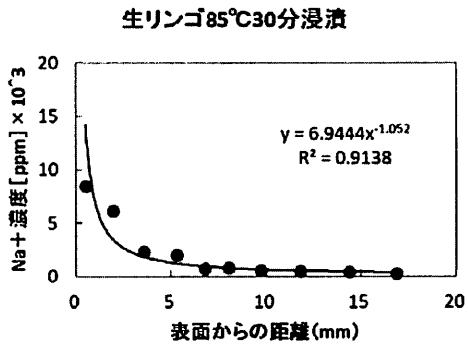


図1. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(生リンゴ 85°C30分浸漬)

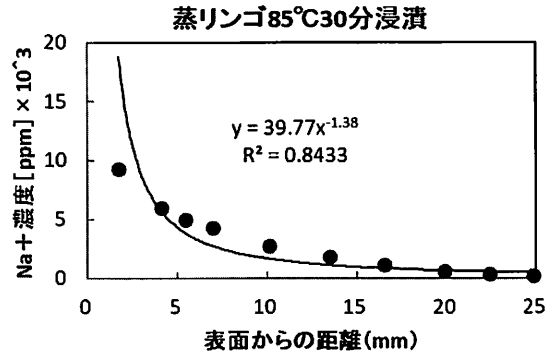


図4. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(蒸リンゴ 85°C30分浸漬)

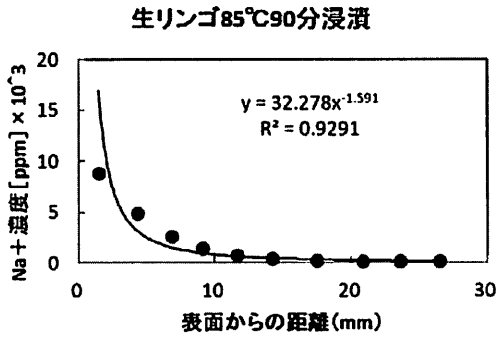


図2. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(生リンゴ 85°C90分浸漬)

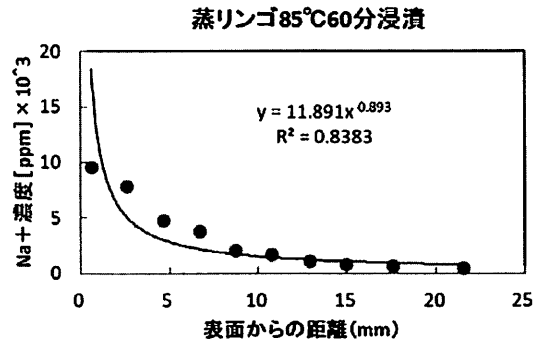


図5. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(蒸リンゴ 85°C60分浸漬)

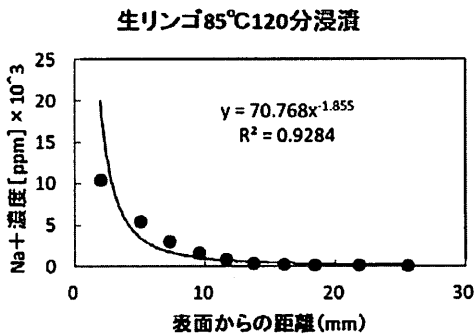


図3. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(生リンゴ 85°C120分浸漬)

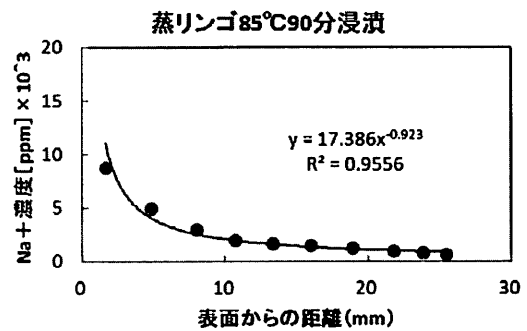


図6. リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係
(蒸リンゴ 85°C90分浸漬)

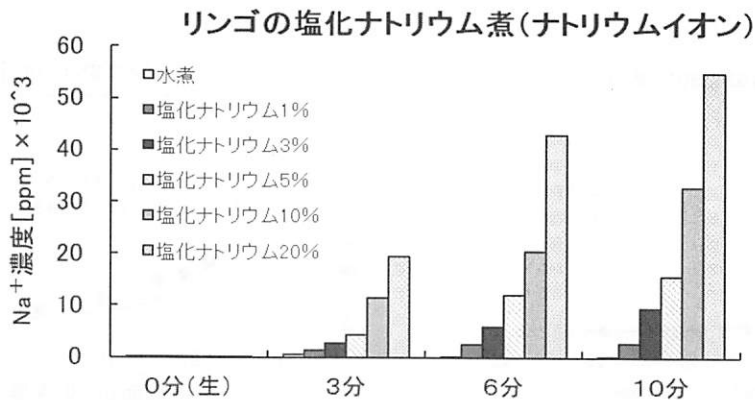


図7. リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係

(1) リンゴの深さとナトリウムイオン濃度の関係

「生リンゴ試料」、「蒸しリンゴ試料」いずれも、表面からの距離が小さいところ、つまり浅いところでは、ナトリウムイオン濃度が高く、深くなるとともに、ナトリウムイオン濃度は低くなっていた。リンゴの深さとナトリウムイオン濃度は、いずれの場合にも、累乗の近似曲線を描いた(図1~図6)。R-2乗値は、0.8383~0.9556であり、データに対するこの近似曲線の信頼性は高いことがわかる。リンゴの浅いところでは、ナトリウムイオン濃度が高く、多くのナトリウムイオンが浸透していた。しかし、10mmを超えたところから20mmの間(全長約20mm)では、ナトリウムイオン濃度が低く、ナトリウムイオン浸透量は少なく、この間のいずれの距離でも濃度変化は少ない。

(2) 生リンゴと蒸しリンゴのナトリウムイオン濃度の比較

「生リンゴ試料」と「蒸しリンゴ試料」のナトリウムイオン濃度を比較する(図1~図3と図4~図6を比較)。「生リンゴ試料」と「蒸しリンゴ試料」では、表面に近い距離では、ナトリウムイオン濃度に、著しい差はないといえる。しかし、10mmを超えたところから20mmの間では、「蒸しリンゴ試料」が「生リンゴ試料」に比べ、ナトリウムイオン濃度が高いことがわかる。リンゴの深いところでは、「蒸しリンゴ試料」が、「生リンゴ試料」に比べ、ナトリウムイオンの浸透量が大きいといえる。

(3) リンゴ中へ外液がどのくらい浸透しているか

リンゴ試料に外液がどのくらい浸透しているか、リンゴへの外液浸透比率を表5に示した。これによると、表面からの距離0.505~1.972mmでは、外液は70.8~87.5%が浸透していることがわかる。

表面に近い距離では、外液(浸透実験最終時)の約80%が吸着しているといえよう。生リンゴ3試料に比べ、蒸しリンゴ3試料が、ばらつきが少ないといえる。なお、表面から20mmを超えた距離、つまり、深い距離では、生リンゴ試料に比べ、蒸しリンゴ試料が、外液浸透比率が高いといえよう。生リンゴに比べ、蒸しリンゴに、ナトリウムイオンが多く浸透しているといえよう。

2. リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係(実験2)

リンゴを塩化ナトリウムで煮た場合、加熱時間の経過とともに、ナトリウムイオンはどのように浸透するのか調べた。また、加熱液の塩化ナトリウム濃度の違いが、浸透にどのように影響しているのか調べた。表4に示したように、塩化ナトリウムの濃度は、加熱液の1%、3%、5%、10%、20%とした。図7に、リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係を示した。図7より、加熱時間の経過とともに、ナトリウムイオンが浸透していることがわかる。また、塩化ナトリウムの濃度が濃いほど、多くのナトリウムイオンが浸透していることもわかる。

考 察

85°Cにおけるリンゴ中へのナトリウムイオンの拡散 液温85°Cにおけるリンゴ中のナトリウムイオンの拡散について、深さと濃度の関係は、累乗の近似曲線を描いた。つまり、おおよそ、リンゴの表面の浅いところでは、ナトリウムイオン濃度が高く、リンゴの深いところでは、ナトリウムイオン濃度は低い傾向がみられた。小見山ら⁹⁾、Hashibaら¹⁰⁾が、ダイコンを試料として、98°C2

時間で処理した後、3.0%濃度の食塩水中で40分および60分間、食塩を断面から拡散させる実験を

行っている。この報告でも、深さと濃度の関係は、本実験と同様に累乗の近似曲線が得られている。

表5. リンゴへの外液浸透比率

生リンゴ30分浸漬			生リンゴ90分浸漬		
表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)	表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)
0.505	8,500	70.8	1.503	8,800	73.3
1.927	6,150	51.3	4.339	4,900	40.8
3.537	2,300	19.2	6.843	2,650	22.1
5.269	2,000	16.7	9.115	1,450	12.1
6.763	705	5.9	11.636	735	6.3
8.037	775	6.5	14.218	405	3.4
9.729	535	4.5	17.459	300	2.5
11.784	525	4.4	20.873	210	1.8
14.367	385	3.2	23.637	140	1.2
16.884	275	2.3	26.532	175	1.5
外液のNa ⁺ 濃度(ppm)は12,000.					
生リンゴ120分浸漬			蒸リンゴ30分浸漬		
表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)	表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)
1.972	10,500	87.5	1.718	9,300	77.5
5.009	5,550	46.3	4.066	6,000	30.0
7.240	3,150	26.3	5.446	5,000	41.7
9.548	1,700	14.2	6.949	4,250	35.4
11.617	915	7.6	10.135	2,750	22.9
13.710	445	3.7	13.505	1,850	15.4
16.054	320	2.7	16.519	1,100	9.2
18.393	225	1.9	19.859	590	4.9
21.860	220	1.8	22.419	375	3.1
25.583	150	1.3	24.858	190	1.6
外液のNa ⁺ 濃度(ppm)は12,000.					
蒸リンゴ60分浸漬			蒸リンゴ90分浸漬		
表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)	表面からの距離 (mm)	Na ⁺ 濃度(ppm)	外液浸透比率 (%)
0.613	9,550	79.6	1.619	8,750	72.9
2.565	7,850	65.4	4.773	5,000	41.7
4.644	4,750	39.6	7.991	3,050	25.4
6.700	3,800	31.7	10.676	2,000	16.7
8.727	2,100	17.5	13.308	1,700	14.2
10.720	1,700	14.2	15.966	1,500	12.5
12.893	1,100	9.2	18.926	1,300	10.9
14.926	830	6.9	21.790	980	81.7
17.584	620	5.2	23.826	840	7.0
21.545	505	4.2	25.464	645	5.4
外液のNa ⁺ 濃度(ppm)は12,000.					

「生リンゴ」と「蒸リンゴ」では、表面に近いところでは、ナトリウムイオン濃度の著しい差がないといえる。しかし10mm（全長約20mm）を超えると、「蒸リンゴ」が、「生リンゴ」に比べ、ナトリウムイオン濃度が高くなる傾向がみられた。教科書¹⁰⁾で、「生」と「蒸」の果物や野菜の違いを調べたところ、野菜や果物は加熱されると、細胞膜の働きが変化して、食塩などの分子の移動が自由に行われ、果物や野菜の奥の深いところまで、食塩が入り込むとされている。そのため、本実験においても、リンゴの奥の深いところでは、「蒸リンゴ」が、「生リンゴ」に比べ、ナトリウムイオン濃度が高くなっていてと考えられる。

リンゴの塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度の関係 リンゴを塩化ナトリウムで煮た場合、加熱時間の進行とともに、ナトリウムイオンが浸透していることがわかった。また、塩化ナトリウムの濃度が濃い加熱液ほど、多くのナトリウムイオンがリンゴに浸透していた。

以上、リンゴと食塩について、さまざまな視点から検討し、リンゴにおける食塩の挙動に関する基礎データを得ることができたと考える。今後は、ひとつひとつの内容を食生活の場面に応用できるような実験条件を立案し、詳細に調べていきたい。たとえば、リンゴを薄い食塩水に浸漬して褐変を防止するが、食塩水濃度や浸漬時間と塩味の感じ方（食塩の拡散）を、実際に即した条件を設定して調べたい。また、果実類や調味料の種類を変えて実験を行って比較したい。

まとめ

(1) リンゴは褐変防止のため食塩水に浸漬するが、長時間浸漬すると、塩味が強くなることを経験している。また、生のリンゴと煮たリンゴでは、食塩の浸透状況がどのように異なるのだろうか。それらを明らかにするために、「食塩水浸漬時におけるリンゴの深さとナトリウムイオン濃度」、「塩化ナトリウム煮における加熱時間とナトリウムイオン濃度」について検討を行って「リンゴにおける食塩の挙動」に関する基礎データを得ることにした。

(2) 材料は青森県産リンゴ（サンふじ）、試薬は塩化ナトリウムを用いた。液温85℃、3.0%塩化ナトリウム溶液中（w/v）へ薄ゴム被覆した「生リンゴ」と「蒸リンゴ」を、所定時間、浸漬した。浸漬後、凍結して小片にわけ、細断・遠心分離を

行って、ナトリウムイオン濃度（Na⁺METER B-722：堀場製）を測定した。また、リンゴの塩化ナトリウム煮および水煮を同一条件で行い、ナトリウムイオン濃度を測定した。

(3) 液温85℃におけるリンゴ中へのナトリウムイオンの拡散について、深さと濃度の関係は、累乗の近似曲線を描いた。つまり、おおよそ、リンゴの表面の浅いところでは、ナトリウムイオン濃度が高く、深くなると、ナトリウムイオン濃度は低い傾向がみられた。生リンゴと蒸リンゴでは、表面に近いところでは、ナトリウムイオン濃度の著しい差がないといえる。しかし10mm（全長約20mm）を超えると、蒸リンゴが、生リンゴに比べ、ナトリウムイオン濃度が高くなる傾向がみられた。

(4) リンゴを塩化ナトリウムで煮た場合、加熱時間の進行とともに、ナトリウムイオンが浸透していることがわかった。また、塩化ナトリウムの濃度が濃い加熱液ほど、多くのナトリウムイオンがリンゴに浸透していた。

(5) 以上、リンゴと食塩について、さまざまな視点から検討し、リンゴにおける食塩の挙動に関する基礎データを得ることができたと考える。今後は、ひとつひとつの内容を食生活の場面に応用できるような実験条件を立案し詳細に調べていきたい。

参考文献

- 1) 久保田紀久枝, 森光康次郎編著:『食品学』, 東京化学同人, 東京, 179-212(2013).
- 2) 厚生労働省編:『日本人の食事摂取基準 2010年版』, 第一出版, 東京, (2009).
- 3) <http://www.v350f200.com/> (財)食生活情報サービスセンター, 池上幸江ら監修(2014年9月10日閲覧).
- 4) <http://www.mhlw.go.jp/> 厚生労働省ホームページ, 平成24年国民健康・栄養調査(2014年9月10日閲覧).
- 5) Nishino H. et al. : Carotenoids in cancer chemoprevention, *Cancer Metastasis Rev.* , 21, 257-264(2002).
- 6) Dauchet L. et al. : Fruit and Vegetable Consumption and Risk of Coronary Heart Disease: A Meta-Analysis of Cohort Studies, *J. Nutr.* , 136, 2588-2593 (2006).
- 7) Pedersen C.B. et al. : Effects of blueberry and cranberry juice consumption on the plasma antioxidant

capacity of healthy female volunteers, *Eur. J. Clin. Nutr.*, **54**, 405-408 (2000).

8) <http://www.mext.go.jp/> 文部科学省ホームページ増補日本食品標準成分表平成 17 年 1 月(2014 年 9 月 10 日閲覧).

9) 小見山二郎, 橋場浩子, 牛腸ヒロミ, 仲西正: 調理時における呈味成分の食材中への拡散, 序論-二元吸着拡散染色理論への適用-, 日本海水学会誌, 404-412(2004).

10) H.Hashiba, J.Komiyama, T.Nakanishi, and H.Gocho: Dual Mode Diffusion of NaCl in Japanese Radish under Cooking Conditions, *Journal of Food Science*, **72**,154-162(2007).

11) 渋川祥子編著:『調理学』, 同文書院, 東京, 215-225 (1999).

本報告は,筆頭著者が 2014 年 10 月に大学評価・学位授与機構(現 大学改革支援・学位授与機構)に提出した学修成果の一部を論文としてまとめたものである。